

CONCEPTOS RELACIONADOS CON LOS ÁCIDOS Y LAS BASES AL NIVEL TEÓRICO Y MOLECULAR: EVOLUCIÓN HISTÓRICA E IDEAS DE LOS ALUMNOS.

Esteban De Manuel Torres
María Rut Jiménez Liso
Universidad de Granada
Francisco Salinas López
Universidad de Extremadura.

1. INTRODUCCIÓN

Son múltiples los factores que se deben considerar para una planificación fundamentada de la enseñanza y aprendizaje de la ciencia. Sin menospreciar el papel que juegan, por ejemplo, las relaciones CTS, los trabajos prácticos y la resolución de problemas, nuestros trabajos relacionados con los ácidos y con las bases vienen dedicando una especial atención a cuatro pilares que consideramos fundamentales: el proceso que sigue el alumno para aprender, las ideas previas o esquemas alternativos de los alumnos y su relación con la evolución histórica de los conceptos, la estructura de la materia que se enseña y que se aprende (lo que se suele llamar la "epistemología de la ciencia"), el nivel de exigencia de la materia.

La importancia de la Historia de la Ciencia es indiscutible. Muchos conceptos pueden ser comprendidos mejor si se investiga sobre la evolución histórica que han experimentado. La historia puede ayudar a comprender la persistencia de errores de concepto y las falsas interpretaciones que se hacen de algunos hechos, así como la superposición de conceptos, todo lo cual constituye una gran dificultad para el entendimiento de la ciencia. Por otra parte el conocer el proceso de elaboración de un concepto, por parte de los alumnos, relacionándolo con su evolución histórica, permite comprender mejor dicho proceso, si bien esto no significa admitir necesariamente que exista un paralelismo entre la historia de las ciencias y el desarrollo de la inteligencia (Wandersee, 1985; Saltiel y Viennot, 1985).

Por todo esto, hemos considerado fundamental estudiar la evolución que han ido experimentando las interpretaciones teóricas y al nivel molecular, sobre el comportamiento de los ácidos y las bases, a lo largo de la Historia de la Ciencia como ya hemos puesto de manifiesto en otro trabajo (De Manuel, Jiménez y Salinas, 1998b).

En este trabajo indagaremos sobre las coincidencias que existan entre las ideas que manejan los alumnos de los distintos niveles educativos y las que fueron desarrolladas a lo largo de la Historia relacionadas con los conceptos ácido-base. Haremos hincapié en las interpretaciones teóricas y al nivel molecu-

lar relacionadas con este tema.

2. RESUMEN DE LAS ANALOGÍAS ENCONTRADAS ENTRE LAS INTERPRETACIONES (AL NIVEL MICROSCÓPICO) DE LOS ALUMNOS Y LA EVOLUCIÓN HISTÓRICA

2.1. Definiciones de ácidos y bases

En otro trabajo (De Manuel, Jiménez y Salinas, 1998b) hemos analizado las coincidencias entre las ideas que manejan los alumnos y las que han ido experimentando a lo largo de la historia las definiciones de ácidos y de bases prestando especial atención a las que se basan en fenómenos observables, es decir, que se encuentran en un sistema de representación macroscópico. En el presente capítulo, queremos mostrar las posibles concordancias entre las definiciones *al nivel teórico y molecular* que surgieron a lo largo de la Historia y las que manejan los alumnos, teniendo en cuenta que estas definiciones, dentro de sus límites, todavía están en uso.

Las primeras interpretaciones teóricas y moleculares buscaban explicar las propiedades de los ácidos y las bases que fueron atribuidas a la forma de los átomos. Glauber (1607-1670) expresó en términos de amor y odio el fenómeno de que *los de igual naturaleza se atraen y los de diferente se odian*:

“los metales tienen diferente naturaleza, de modo que los semejantes se aman mutuamente y los desemejantes se aborrecen y se huyen...”
(Glauber en Armstrong, 1943).

Esta misma idea de lucha y mutua penetración en las reacciones de neutralización se encuentra implícita en todas las teorías con las que nos encontramos a lo largo del siglo XVII, así un médico de Caen, de Saint-André, en 1672, da una curiosa teoría sobre la forma de lo que, para él, eran dos nuevos principios (además de los paracélsicos, mercurio, azufre y sal): la *sal ácida* y la *sal acre* (álcali):

“La sal ácida es un cuerpo simple de figura aguda que fermenta con los álcalis y constituye la esencia de todos los mixtos. La sal acre es una sal simple agujereada, que fermenta con los ácidos y provoca la precipitación del vitriolo de Marte (sulfato de hierro) en el agua”.

Para el fenómeno de la neutralización:

“las puntas de los ácidos son tan conformes, en figura y dimensiones, con los orificios de los álcalis que los llenan exactamente, de tal modo

que un nuevo ácido no encuentra ya ningún poro vacío que pueda detener su movimiento; este ácido actúa entonces con tanta violencia, que separa las unas de las otras partes integrantes en esos cuerpos, empuja unas de un lado, otras de otro y no deja de removerlas y agitarlas hasta que lo separa de ellas.” (Taton, 1988)

Nicolás Lémery, otro químico muy influyente de la época, avanzó aún más al explicar las propiedades físicas y químicas de los ácidos y las bases en función de la forma de los átomos: los átomos de los ácidos tenían púas agudas y eso explicaba la sensación picante que ejercen sobre la piel; los álcalis eran cuerpos sumamente porosos, en cuyos poros penetraban las púas de los ácidos rompiéndose o embotándose y dando así origen a las sales neutras.

En comparación con estas ideas históricas, conviene reseñar el trabajo de *Nakhleh* (1994) quien muestra los cuatro modelos de materia que usaron los estudiantes de secundaria, para explicar sus conocimientos de la química de los ácidos y las bases. Para ello utilizó entrevistas semiestructuradas en las que, por ejemplo, pedía a los alumnos que observaran con unas "gafas poderosísimas" los cambios que se producían en un erlenmeyer cuando un ácido y una base se mezclaban en presencia de fenolfatleína y que lo dibujaran.

De los cuatro modelos utilizados por los alumnos (de *materia continua* (ondas, burbujas, microbios o parches brillantes); de *materia formada por partículas*; *molecular de la materia*; *modelo parcialmente iónico de la materia*), hay que destacar que en algunas de las representaciones gráficas de los alumnos, los ácidos y las bases están formados por partículas "esféricas" o "larguiruchas".

No hemos encontrado estudios que pongan de manifiesto ideas sobre la relación entre la forma de los átomos de las disoluciones ácidas o básicas y las propiedades de éstos (sabor; ser corrosivos; disolver los metales; en relación con la reacción que producen los ácidos con las bases, por ejemplo la efervescencia que a veces se produce al ponerlos en contacto; en función del color de las disoluciones ácidas o básicas al añadirles los indicadores; etc). Es nuestro propósito estudiar estas relaciones.

Las interpretaciones al nivel teórico-molecular de los ácidos y las bases siguieron evolucionando históricamente según las pautas que exponemos a grandes rasgos:

- Lavoisier afirmó que el carácter ácido se debía a la presencia de oxígeno.
- Arrhenius relacionó el carácter ácido con los iones hidrógeno libres (H⁺) y, el carácter básico con los iones hidróxido (OH⁻).
- Otras definiciones no se basan en la composición sino en la capacidad

para aceptar o donar iones, entre estas definiciones se encuentran las de Brönsted-Lowry y la de Lux-Flood:

- Brönsted-Lowry definieron los ácidos como toda sustancia con tendencia a donar protones (H_3O^+) y las bases como aquéllas que tienen la capacidad de aceptarlos.
- Lux-Flood definieron las bases como las especies capaces de ceder iones óxido (O^{2-}) y los ácidos como aquéllas que tienen capacidad de aceptarlos.
- En un sistema "cationotrópico" las bases son las sustancias que aceptan cationes y los ácidos las que los ceden. En un sistema "anionotrópico" las bases ceden aniones y los ácidos los aceptan.
- Todas estas definiciones se encuentran en el seno de disolventes; en función de éstos se definieron los ácidos y las bases según cedieran el catión o el anión característico del disolvente, respectivamente.
- Para los procesos que no transcurren en disolventes Lewis amplió la definición de ácidos como las especies capaces de aceptar uno o varios pares de electrones y las bases como las especies capaces de cederlos.
- Usanovich generalizó aún más al definir como ácido las sustancias que forman sal con las bases, que dan cationes o que se combinan con los aniones o con los electrones y, las bases como las sustancias que forman sal con los ácidos, que dan aniones o electrones o que se combinan con los cationes.

En general, las teorías pueden considerarse válidas en tanto en cuanto son útiles para explicar los fenómenos que estudiamos. En el caso de los ácidos y de las bases resultará útil la teoría de Arrhenius si nos limitamos al estudio de ácidos e hidróxidos en disoluciones acuosas, por ejemplo, y habrá que recurrir a teorías más generales para justificar otros procesos.

Con esta idea de que las teorías sólo pueden ser aplicadas en unos límites, se presenta a los alumnos de secundaria y de Universidad las definiciones de los ácidos y de las bases. De esta presentación podemos analizar dos aspectos: por un lado, la persistencia de las ideas a través de la historia de la Ciencia puede ayudar a anticipar a los educadores los errores conceptuales de los estudiantes (Wandersee, 1985) lo que da una buena oportunidad para no subestimar las dificultades educativas. De forma recíproca, por otro lado, intentar establecer paralelismos entre las ideas de los estudiantes y paradigmas históricos particulares obliga a reactivar el conocimiento que se tiene de la historia de la Ciencia (Saltiel y Viennot, 1985).

A medida que las teorías evolucionan, al tiempo que abarcan un mayor campo, se hacen más abstractas y difíciles para los alumnos. Por ello es preciso

delimitar el campo de aplicación de la teoría y elegir la adecuada. En una revisión bibliográfica realizada por nosotros (De Manuel, Jiménez y Salinas, 1998a) hemos encontrado algunas concepciones relacionadas con este tema:

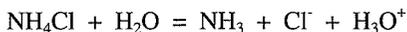
- Los alumnos de los últimos cursos de secundaria y primeros de Universidad manejan la teoría de *Arrhenius* mientras que muy pocos aplican la de *Brönsted-Lowry* (Cros y otros, 1986, 1988).
- La idea de ácidos y de bases que poseen muchos alumnos de los primeros cursos de Universidad corresponde a especies del tipo HA (A= Cl, NO₃, SO₄, etc.) y MOH (M= Na, K, Mg, etc.) respectivamente. El concepto de Brönsted-Lowry no causa muchas dificultades a los estudiantes pero el concepto de Lewis sí porque combina conceptos como acidez, basicidad, eletrofilia y nucleofilia (Zoller, 1990).

Por otra parte, en estudios realizados por nosotros en niveles universitarios hemos encontrado que el 78% de los alumnos, reconocen un proceso de transferencia de protones como una reacción ácido-base; sólo el 26% reconoce una autoprotólisis de un disolvente (SO₂) como tal tipo de reacción; y los porcentajes se reducen drásticamente cuando se trata de procesos de transferencia de electrones ($\text{Cu}^{2+} + 4 \text{NH}_3 = [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, por ejemplo) (Jiménez, 1998). En este trabajo diseñamos una prueba semiabierta, de opción múltiple en la que se les pedía a los alumnos que justificaran la respuesta, para diagnosticar los conceptos relacionados con los ácidos y con las bases que manejan los alumnos universitarios preferentemente de la Licenciatura de Químicas. Esta prueba fue aplicada a un total de 1563 alumnos de varias universidades españolas.

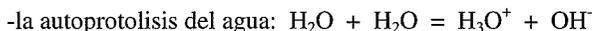
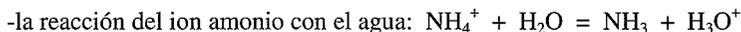
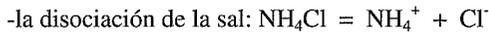
Con respecto al segundo aspecto, que antes mencionábamos, estudiar las repercusiones epistemológicas que se derivan de la presentación de las diferentes teorías sobre los ácidos y las bases nos servirá de base para trabajos posteriores en los que buscaremos aprovechar que se trata, junto con las teorías atómicas, de las pocas teorías donde se muestra a los alumnos su evolución histórica, los obstáculos que se presentaron y cómo fueron salvados. Las consecuencias sobre la idea de Ciencia que los alumnos pueden manejar será también objetivo de nuestro estudio.

2.2. Hidrólisis

Queremos comentar ahora otro concepto relacionado con las sales, más en concreto con el hecho de que hay sales que cuando se disuelven en agua no dan disoluciones neutras sino ácidas o básicas. El fenómeno que sucede se denomina hidrólisis que, etimológicamente, *es el desdoblamiento de un compuesto químico por la acción del agua* (Real Academia de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 1996). Así, por ejemplo, si disolvemos NH₄Cl en agua, el equilibrio global será:



equilibrio que proviene de otros simultáneos que se dan desde el mismo instante en que se pone en contacto la sal con el agua y que serían:

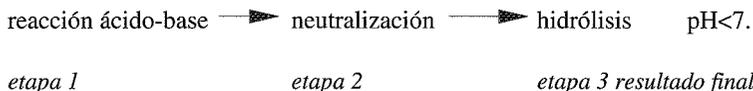


Arrhenius (1859-1927) definió la hidrólisis como el proceso en el que una sal de un ácido débil o el catión de una base débil se combina con el protón o el ion hidróxido del agua, respectivamente, para formar el ácido o la base prácticamente sin disociar dejando libre el ion OH^- o el H^+ del agua para dar una disolución alcalina o ácida (Partington, 1964). Es decir, el concepto de hidrólisis se amplía y se aplica tanto a las sales como a alguno de sus iones.

N. Bjerrum en 1914, publicó una monografía sobre los indicadores coloreados en la que también se incluye una buena interpretación de la hidrólisis de las sales, pues en él figura una tabla de límites de pH para la valoración de varios ácidos y bases con diferentes constantes de disociación para obtener un razonable grado de exactitud; también se ocupó extensivamente del grado de hidrólisis de sales en la valoración de ácidos y bases débiles (Kauffman, 1980).

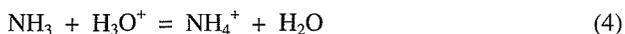
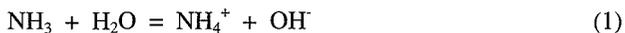
Esta polisemia provocaría errores en el aprendizaje de este concepto así como lo que señala Bárcenas, Calatayud y Furió (1997) sobre la confusión que tienen los alumnos entre disociación de una sal y su hidrólisis.

Consideramos ahora un proceso ácido-base en el que se añade una disolución que contiene n moles de HCl a otra disolución que contiene n moles de NH_3 . Es frecuente justificar que el pH final es ácido partiendo de que se forman n moles de NH_4Cl que "se hidroliza y origina una disolución ácida". Este modo de justificar el fenómeno ignora que desde un principio, en cuanto hay en la disolución todas las especies que intervienen en el proceso (NH_3 , NH_4^+ , H_2O , H_3O^+ , Cl^- y OH^-), se dan, inmediatamente y simultáneamente, todos los equilibrios posibles. No tener esto en cuenta supone caer en el llamado razonamiento causal secuencial, error que consiste en suponer que las cosas ocurren sucesivamente y cada etapa es efecto de una causa y, a su vez, causa de la siguiente etapa:



En la misma reacción a la que nos referimos, coinciden en un mismo re-

cipiente, porque se pusieron al principio o porque se van adicionando, las especies NH_3 , H_2O , NH_4^+ , H_3O^+ , Cl^- y OH^- . Por lo tanto, en cada instante, hay que considerar los equilibrios:



Es el resultado global de todos los equilibrios (1) al (4) lo que da lugar a un $\text{pH} < 7$ a pesar de que hayan intervenido igual número de moles de NH_3 y H_3O^+ (proceso ácido-base). Sucede que el proceso (1) no está muy desplazado hacia la derecha (el NH_3 es una base débil) y por ello el resultado final es que $[\text{OH}^-] < [\text{H}_3\text{O}^+]$.

Proponemos referirnos explícitamente a la hidrólisis únicamente con su sentido estricto y etimológico que ya hemos señalado. Pero cuando estamos trabajando con disoluciones de ácidos y de bases que reaccionan estequiométricamente, haremos referencia al equilibrio, que existe durante la adición del ácido o de la base, y que finalmente conduce a un pH distinto de 7, sin mencionar la palabra "hidrólisis" porque ello supondría admitir que primero se forma la sal y luego ésta se hidroliza, es decir, estaríamos induciendo a los alumnos a utilizar el razonamiento causal secuencial ya señalado. Este razonamiento causal secuencial es uno de los errores que detectamos en los alumnos universitarios al indagar sobre lo que pensaban que ocurría en el punto final de las valoraciones ácido-base. El 44% de los alumnos universitarios diagnosticados considera que cuando reaccionan cantidades equimolares de un ácido débil y una base fuerte, primero se forma la sal y luego ésta se hidroliza, lo que producirá un $\text{pH} > 7$ y sólo el 22% de estos alumnos tienen en cuenta todos los equilibrios entre los iones presentes y reconocen que el pH de la disolución final viene determinado por las fuerzas relativas del ácido y de la base que intervienen. Resultados similares obtuvimos en otro ítem de esa prueba que diseñamos para confirmar este hecho.

En el anexo mostramos una tabla en la que se resumen las analogías encontradas entre la evolución histórica de los conceptos estudiados y los conceptos que manejan los alumnos tanto al nivel teórico y molecular que se describen en este trabajo como al nivel macroscópico que se describen en otro trabajo publicado por nosotros (De Manuel, Jiménez y Salinas, 1998b).

3. FUENTES BIBLIOGRÁFICAS CONSULTADAS

Ver las referencias en otro trabajo presentado por nosotros a estos mismos encuentros (De Manuel, Jiménez y Salinas, 1998b).

REFERENCIAS

- ARMSTRONG, E. y DEISCHER, C.K. (1943). *J. Chem. Educ.*, 19, p 5, en Leicester (1967), p 124.
- BÁRCENAS, S., CALATAYUD, M.L. Y FURIÓ, C. (1997). Dificultades en el aprendizaje y en la enseñanza de las reacciones ácido-base. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, pp 167-168.
- CROS, D. Y OTROS (1986). Conceptions of first year university students of the constitution of matter and the notions of acids and bases. *European Journal of Science Education*, 8 (3), pp 305-313.
- CROS, D. Y OTROS (1988). Conceptions of second year university students of some fundamental notions in Chemistry. *International Journal of Science Education*, 10 (3), pp 331-336.
- DE MANUEL, E. (1997). "Aprendizaje de los conceptos de ácido y de base en los niveles educativos primario y secundario". En Jiménez, R. y Wamba, A.M. *Avances en Didácticas de las Ciencias Experimentales*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva. pp. 207-214.
- DE MANUEL, E.; JIMÉNEZ, M.R. Y SALINAS, F. (1998a). Revisión bibliográfica sobre conceptos de los alumnos relacionados con los procesos ácido-base. *Revista de Educación de la Universidad de Granada*.
- DE MANUEL, E.; JIMÉNEZ, M.R. Y SALINAS, F. (1998b). Conceptos relacionados con los ácidos y las bases al nivel macroscópico: evolución histórica e ideas de los alumnos. *XVIII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*.
- GERHARDT, C. (1844). *Précis de chimie organique*, en Taton (1988), 9, pp 358-369.
- JIMÉNEZ, M.R. (1998). "Revisión Histórica y Bibliográfica y diseño de una prueba para el diagnóstico de conceptos relacionados con los ácidos y las bases con vistas a sus aplicaciones didácticas". Memoria de Licenciatura (tesina) no publicada. Facultad de Ciencias. Universidad de Extremadura.
- KAUFFMAN, G.B. (1980). Niels Bjerrum (1879-1958): A centennial evaluation. Part II: The work. *Journal of Chemical Education*, 57 (12), pp 863-867.
- NAKHLEH, M.B. (1994). Students' models of matter in the context of acid-base chemistry. *Journal of Chemical Education*, 71 (6), pp 495-499.
- NAKHLEH, M.B. Y KRAJCIK, J.S. (1994). Influence of levels of information as presented by different technologies on students' understandings of

- acid, base and pH concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (10), pp 1077-1096.
- PARTINGTON, J.R. (1964). *A History of Chemistry*. MacMillan. London.
- REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES (1996). *Vocabulario científico y técnico*. Espasa. Madrid.
- ROSS, B. Y MUNBY, H. (1991). Concept mapping and misconceptions: a study of high-school students' understandings of acids and bases. *International Journal of Science Education*, 13 (1), pp 11-23.
- SALTIEL, E., VIENNOT, L. (1985). ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes? *Enseñanza de las Ciencias*, 3 (2), pp 137-144.
- SCHMIDT, H.J. (1991). A label as a hidden persuader: chemists' neutralization concept. *International Journal of Science Education*, 13 (4), pp 459-471.
- STAPLETON, H.E., AZO, R.F. Y HUSAIN, M.H. *Mem. Roy. Asiatic Soc. Bengal*, 8, p 191, en Leicester (1967), p 82.
- TATON, R. (1988). *Historia general de las ciencias*. Orbis. Barcelona, 5, p 390.
- WANDERSEE, J.H. (1985). Can the history of science help science educators anticipate students' misconceptions? *Journal of Research in Science Teaching*, 23 (7), pp 581-597.
- ZOLLER, U. (1990). Students' misunderstandings and misconceptions in college freshman chemistry (General and Organic). *Journal of research in science teaching*, 27 (10), pp 1053-1065.

Anexo. Tabla-resumen de las analogías encontradas entre la evolución histórica de los conceptos y los que manejan los alumnos.

Nivel int.	Cient. Época	Evolución histórica de las ideas	%	Nivel educativo	Citas bibl.	Conceptos que manejan los alumnos
Macro	Boyle (s.XVII)	Características: Sabor, Ser corrosivos, Disolver metales, Reacc. con ácidos o bases, Efervescencia, a veces, al ponerlos en contacto. Color de las disoluciones ácidas o básicas con indicadores (licor de violetas).	33 <33 77 56	2º-1º Univ 2º Univ 1º-5º Univ	(Cros, 1986) (Cros, 1988) (Jiménez, 1998)	- Definiciones de ácidos y bases descriptivas - Aumentan las definiciones científicas. - Una sustancia sólida es ácida o básica sólo si está en disolución. - Todos los ácidos tiñen de rojo el papel indicador.
Micro	Médico de Caen (s.XVII)	- la sal ácida es un cuerpo simple de figura aguda. - que fermenta con los álcalis. - la sal acre es una sal simple agujereada. - que fermenta con los ácidos. - las puntas de los ácidos llenan los orificios de los álcalis. - un nuevo ácido actúa con violencia frente a las sales para separar todas las púas del antiguo ácido de los orificios de los álcalis.		Sec. (2º)	(Nakhleh, 1994) (Ross y Munby, 1991)	- según algunas de las representaciones gráficas de los alumnos los ácidos y las bases están formadas por partículas "esféricas" o "larguiruchas". - los "ácidos (o las bases) tienen burbujas.
Micro	Lémery (s.XVII)	Las propiedades fueron atribuidas a la forma de sus átomos: - la sensación picante que los ácidos ejercen sobre la piel a partir de la forma puntiaguda de sus átomos. - los ácidos se introducen en los álcalis, que son sumamente porosos, rompiendo sus púas o embotándose para dar origen a las sales neutras.				
Micro	Lavoisier (s.XVIII)	- el carácter ácido se debía a la presencia de oxígeno.				
Micro	Arrhenius (s.XIX)	- relacionó el carácter ácido con los iones hidrógeno libres (H ⁺) y, el carácter básico con los iones hidróxido (OH ⁻).		Sec. (2º) 2º y 1º Univ 1º Univ	(Ross y Munby, 1991) (Cros, 1986, 1988) (Zoller, 1990)	- las "burbujas son átomos de hidrógeno". - manejan la teoría de Arrhenius mientras que muy pocos aplican la de Brønsted-Lowry. - La idea de ácidos y de bases que poseen muchos alumnos de los primeros cursos de Universidad corresponde a especies del tipo HA (A= Cl, NO ₃ , SO ₄ , etc.) y MOH (M= Na, K, Mg, etc.)
Micro	Brønsted - Lowry	- definieron los ácidos como toda sustancia con tendencia a donar protones (H ₃ O ⁺) y las bases como aquellas que tienen la capacidad de aceptarlos.	78	1º Univ 1º-5º Univ	(Zoller, 1990) (Jiménez, 1998)	- El concepto de Brønsted-Lowry no causa muchas dificultades. - reconocen un proceso de transferencia de protones como una reacción ácido-base.

CONCEPTOS RELACIONADOS CON LOS ÁCIDOS Y LAS BASES AL NIVEL TEÓRICO Y MOLECULAR...

Micro	Lux-Flood (s.XX)	<ul style="list-style-type: none"> - definieron las bases como las especies capaces de ceder iones óxido (O^{2-}) y los ácidos como aquellas que tienen capacidad de aceptarlos. - En un sistema "cationotrópico" las bases son las sustancias que aceptan cationes y los ácidos las que los ceden. En un sistema "anionotrópico" las bases ceden aniones y los ácidos los aceptan. 	26	1º-5º Univ	(Jiménez, 1998)	- reconoce una autoprotólisis de un disolvente (SO_2)
Micro	Lewis (s.XX)	<ul style="list-style-type: none"> - Para los procesos que no transcurren en disolventes Lewis amplió la definición de ácidos como las especies capaces de aceptar uno o varios pares de electrones y a las bases como las especies capaces de cederlos. 	~15	1º Univ 1º-5º Univ	(Zoller, 1990) (Jiménez, 1998)	<ul style="list-style-type: none"> - el concepto de Lewis sí porque combina conceptos como acidez, basicidad, eletrofilia y nucleofilia. - reconoce los procesos de transferencia de electrones como procesos ácido-base.
Micro	Usanovich (s.XX)	- generalizó aún más al definir como ácido las sustancias que forman sal con las bases, que dan cationes o que se combinan con los aniones o con los electrones y, las bases como las sustancias que forman sal con los ácidos, que dan aniones o electrones o que se combinan con los cationes.				
Simbólico Simbólico	Rouelle (s. XVIII) Árabes s. XVII	<ul style="list-style-type: none"> - cambia el nombre de álcali (que provenía de los árabes) por BASES. - Los árabes incluían a los ácidos dentro de las "aguas ardientes" después, a partir del siglo XVII se empleaban términos como "agua regia" o "agua fuerte" para designar a algunos ácidos. 		Sec. (2º)	(Ross y Munby, 1991)	- Identifican el término "básico" con fundamental, elemental, obvio, etc. Afirman que todos los alimentos son "básicos" y que los ácidos nunca se deben ingerir.
Macro	Bergman (s. XVIII) Kirwan (s. XVIII)	<ul style="list-style-type: none"> - relacionaba la fuerza de los ácidos con la cantidad de ácido que reacciona con una determinada cantidad de base. - en función de la cantidad de base necesaria para neutralizar una determinada cantidad de ácido 	28 53	Sec. (2º) 1º-5º Univ Sec. (2º)	(Ross y Munby, 1991) (Nakhleh y Krajcik, 1994) (Jiménez, 1998) (Nakhleh y Krajcik, 1994)	<ul style="list-style-type: none"> - Identifican el concepto de ácido con el de fuerte y, por tanto, los ácidos nunca se deben ingerir. - Algunos alumnos confunden la fuerza de los ácidos con el "daño", "dolor" y con reactividad. - Respondieron que una disolución deja de ser efectiva cuando se añaden ácidos o bases fuertes. Existe confusión entre cantidad de ácido (equivalentes) y fuerza del ácido. - Creen que los ácidos fuertes siempre dan disoluciones con pH bajos sin tener en cuenta los equivalentes de ácido que haya en disolución. - Confusión entre el desprendimiento de un gas en una reacción con la fuerza; algunos alumnos de secundaria consideran las burbujas como signo de la reacción química y de la fuerza.

Macro	Filósofos griegos.	- El concepto filosófico de los contrarios (positivo y negativo) y el concepto de intermedio era representado por el número místico tres que se consideraba como NEUTRO. - "neutralización" equivalía a la reacción estequiométrica entre un ácido y una base. - <i>neutralización es la adición de una disolución ácida a otra alcalina o viceversa hasta que la concentración de iones hidrógeno sea igual a la de iones oxhidrilo (sic), es decir, hasta alcanzar un pH=7.</i>		1º Univ	(Zoller, 1990)	- cualquier sal al disolverse produce una disolución neutra (pH=7), es decir, las sales se forman de la neutralización de los ácidos con las bases dando especies neutras.
Macro	Schmidt (1991)					
Macro	RACEFN (1996)					
Micro	RACEFN (1996)	Hidrólisis, etimológicamente, es el desdoblamiento de un compuesto químico por la acción del agua. Hidrólisis es el proceso en el que una sal de un ácido débil o el catión de una base débil se combina con el protón o el ion hidróxido del agua, respectivamente, para formar el ácido o la base prácticamente sin disociar dejando libre el ion OH ⁻ o el H ⁺ del agua para dar una disolución alcalina o ácida. (Es decir, el concepto de hidrólisis se amplía y se aplican tanto a las sales como a alguno de sus iones).	44	Sec (2º) 1º-5º Univ	(Bárceñas, 1997) (Jiménez, 1998)	- Confusión entre disociación de una sal y su hidrólisis. - Razonamiento causal: reacción ácido-base → neutralización hidrólisis → pH < 7 que se corresponde respectivamente con: <i>etapa 1; etapa 2; etapa 3; resultado final</i>
Micro	Arrhenius (1859-1927)					
Macro	Monzón (1917)	los indicadores están constituidos por sustancias que reaccionan con la solución valorada solamente cuando ha reaccionado toda la sustancia que se analiza o trata de determinar. La fenolftaleína reacciona con los álcalis sólo cuando se ha consumido todo el ácido.		Sec. (2º) 1º-5º Univ Sec. (2º)	(Nakhleh y Krajcik, 1994)(Ross y Munby, 1991) (Jiménez, 1998) (Ross y Munby, 1991)	- las burbujas son un signo de la reacción química y de la fuerza. - Afirman que "el indicador sólo interviene cuando todo el ácido o toda la base han reaccionado". - Errores como que los ácidos son rosa, o que soluciones a distinto pH tienen distinto color, y se dan concepciones erróneas del papel de los indicadores como que un ácido destruye a las bases por causa del cambio de color de la fenolftaleína, etc.